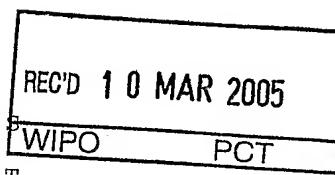


Helsinki 4.2.2005



E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T



Hakija
Applicant

Elekta Neuromag Oy
Helsinki

Patentihakemus nro
Patent application no

20040233

Tekemispäivä
Filing date

13.02.2004

Kansainvälinen luokka
International class

G01R

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä mittalaitteen suojaamiseksi häiriöiltä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings, originally filed with the Finnish Patent Office.

Pirjo Kalla
Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1142/2004 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1142/2004 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FI-00101 Helsinki, FINLAND

MENETELMÄ MITTALAITTEEN SUOJAAMISEKSI HÄIRIÖILTÄ

KEKSINNÖN ALA

Keksintö liittyy mittalaitteen suojaamiseen ulkoisilta magneettisilta häiriöiltä.

5

KEKSINNÖN TAUSTA

Heikkoja biomagneettisia signaaleja mittaava laite on hyvin herkkä käyttöympäristönsä voimakkaiden magneettisten häiriöiden vaikutukselle. Tämä johtuu 10 siitä, että häiriösinaalit ovat mitattaviin biomagneettisiin signaaleihin verrattuna jopa kymmenen miljoonaa kertaa suurempia. Lisäksi häiriösuojauskuksen toteuttamista vaikeuttaa se, että magneettisilta häiriöiltä suojattava alue on suhteellisen suuri, hal-kaisijaltaan kymmeniä senttimetrejä.

Biomagneettisia mittauksia varten on kehitetty useita menetelmiä suojata mittalaitteet häiriöken-tiltä, jotka ovat kiinnostavia signaaleja monta kerta-luokkaa suurempia. Suoraviivainen suojaustapa on si-20 joittaa herkkä magneettinen mittalaite ns. magneetti-sesti suojaavan huoneen sisälle, joka vaimentaa huoneen ulkopuolisista lähteistä peräisin olevat magneeti-kentät noin 100 - 10000:nneen osaan.

Tämän lisäksi magneettiseen suojauskuseen ai-25 kaansaamiseksi on tunnettua käyttää antureita, joiden geometrinen rakenne tekee ne epäherkiksi kaukana ole-vista lähteistä peräisin oleville, melko tasaisille magneettikentille. Tällaisia magneettisia antureita sanotaan gradiometreiksi. Niillä saavutetaan tyypilli-30 sesti suojaustekijä n. 100 - 1000 ulkoisia häiriöitä vastaan.

Edelleen voidaan magneettisuojaus toteuttaa tai sitä parantaa käyttää aktiivisia järjestelmiä, joissa magneettinen häiriö kumotaan sopivan säätöjär-jestelmän avulla, jossa häiriö mitataan suojattavan 35alueen läheisyydestä anturilla tai antureilla ja häi-

riökkentää kompensoidaan tähän mittaukseen perustuen häiriöön nähden vastakkaisen magneettikentän synnyttävillä virrallisilla keloilla. Aktiivista magneettista suojausta voidaan käyttää joko yksinään tai yhdistetynä passiivisiin suojausmenetelmiin kuten magneettisuojuoneeseen.

Tässä säätöjärjestelmässä voidaan käyttää joko suoraa kytkentää tai takaisinkytkentää. Suoraa kytkentää käytettäessä säätöjärjestelmään liittyvä mittalaite on etäällä toimilaitteesta ja kompensoitavasta alueesta kelan tai kelojen sisäpuolella. Tässä tapauksessa säätöjärjestelmä toimii yksinkertaisesti siten, että keloihin syötetään mittalaitteen mittaamaan häiriöön verrannollinen virta sen suuntaisena, että suojaavalle alueelle syntyy mahdollisimman tarkkaan häiriön suuruinen vastakenttä. Tällaiseen järjestelmään voidaan yhdistää myös magneettinen suojuone.

Suoraan kytkentäään perustuvan kompensaation suorituskyky on yleensä melko rajallinen, koska kompensoitava kentänvoimakkuus määritetään etäällä suojaavasta alueesta. Tämä toimii vielä hyvin yhden tai kahden stationäärisen häiriölähteiden tapauksessa, mutta kun lähteitä on kolme tai enemmän, on yleensä mahdotonta löytää anturille paikkaa, josta kaikkien lähteiden aiheuttama kenttä voitaisiin oikein ekstrapoloida suojaavalle alueelle. Tällaisella suojausmenetelmällä saavutetaan yleensä suojaustekijä 3:n ja 10:n väliltä riippuen häiriölähteiden lukumäärästä. Menetelmä toimii vain häiriölähteille, jotka sijaitsevat suojaavasta alueesta selvästi kauempana kuin säätöjärjestelmää ohjaava anturi. Vain hieman säätöjärjestelmää ohjaavaa anturia kauempana oleville häiriölähteille menetelmä toimii huonommin ja erityisesti lähteille, jotka ovat lähempänä kuin anturi, se ei toimi lainkaan.

Säätöjärjestelmän anturi voidaan myös viedä kompensaatiokela-asennelman sisään lähelle sitä aluet-

ta, jossa häiriö halutaan kompensoida. Tällöin on kyseessä takaisinkytetty säätöjärjestelmä, joka toimii paremmin kuin suoraan kytetty myös monimutkaisemmille, useasta eri lähteestä peräisin oleville häiriöille. Julkaisussa EP0514027 on esimerkki takaisinkytettystä säätöjärjestelmästä, jolla magneettisen häiriön vaikutusta saadaan vähennettyä. Myös takaisinkytettyn säätöjärjestelmään voidaan yhdistää magneettisuojuhuone joko siten, että kompenсаatiokelat si-jaitsevat magneettisuojan ulkopuolella (US3801877) tai sisäpuolella (EP0396381 tai vastaava US4963789).

Biomagneettisissa sovelluksissa tilavuus, jonka alueelle anturit ovat jakautuneet, on tyypillisesti useita kymmeniä senttejä halkaisijaltaan eli melko suuri. Jos vielä halutaan pitää kompenсаatioon käytetty referenssianturisto etäällä kiinnostavien biologisten signaalien lähteestä - kuten tunnetussa tekniikassa on pyritty tekemään - on antureita sisältävä tilavuus halkaisijaltaan jopa 50 cm. Magneettisen häiriön kompensointi esimerkiksi prosentin tarkkuudella (pienentäminen sadasosaansa) takaisinkytkemällä edellyttää, että kompensointikelasto pystyy tuottamaan häiriökenttien geometriaa vastaavat kentät prosentin tarkkuudella koko tässä tilavuudessa, joka sisältää sekä mittausanturit että säätöjärjestelmän erosignaalit tuottavat referenssianturit. Vain tässä tilanteessa saa säätöjärjestelmä oikean tiedon kompensoitavasta häiriöstä ja häiriö kompensoituu suurella tarkkuudella kaikista mittauskanavista.

Kompenсаatio vastakentän synnyttävillä keholla saadaan sitä tarkemaksi mitä pienempi kompensoitava tilavuus on. Siksi olisi toivottavaa viedä takaisinkytbyn kompenсаatiojärjestelmän anturi mahdolливиман lähelle mittalaitteen varsinaisia antureita. Aiemin ajateltiin, että näin ei voi tehdä, koska silloin kompensoidaan myös itse mitattava signaali ikään kuin ulkoisenä häiriönä.

Tunnetun tekniikan ongelmana on siis kompen-
saation epätarkkuus koko anturiston alueella, koska
häiriökenttä mitataan anturiasennelman ulkopuolelta.
Erillisen referenssianturiston käyttäminen tekee lait-
teistosta myös turhan monimutkaisen.

KEKSINNÖN TARKOITUS

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on esitellä ratkaisu, jossa häiriöiden kompenсаatioon tarvittava takaisinkytkentäinformaatio saadaan itse mittauksen käytetyistä antureista eli niistä antureista, joita häiriöltä pyritään suojaamaan. Näin päästään hyvin tehokkaaseen häiriönpoistoon, koska häiriö mitataan juuri siellä mistä se on poistettava ja kompensoitavanalueen koko on mahdollisimman pieni.

KEKSINNÖN YHTEENVETO

Esillä olevassa keksinnössä esitetään tunnestusta tekniikasta poikkeava tapa toteuttaa magneettinen suojaus takaisinkytketyllä kompenсаatiojärjestelmällä, jossa ei tarvita erillistä erosignaalin antavaa referenssianturia tai -antureita. Tässä menetelmässä varustetaan varsinainen mittausanturisto kahdella erillisellä takaisinkytkentähhaaralla. Sisempi takaisinkytkentähara vastaa geometrialtaan pienipiirteisen, tutkittavasta kohteesta peräisin olevan signaalin takaisinkytkemisestä ja ulompi takaisinkytkentähara huolehtii amplitudiltaan ja geometrialtaan suurempien häiriösinaalien takaisinkytkennästä. Näin saadaan aikaan tilanne, jossa suuret ulkoiset häiriöt näkyvät vain ulommassa takaisinkytkentähhaarassa, ei-vätkä syö varsinaisen kiinnostavan signaalin sisältävän sisemmän takaisinkytkentäharan dynamiikkaa.

Häiriösinaalin ja mitattavan kiinnostavan signaalin summasignaalia siis mitataan varsinaisen mittausanturiston antureilla, joiden avulla saadaan

- erosignaali. Erosignaaleja voidaan muodostaa lineaari-kombinaationa yhdestä tai useasta mittausanturin mittaamasta signaalista. Erosignaalilin avulla saatava kompensoatiojännite synnyttää virran toimilaitteessa.
- 5 Toimilaite on tyypillisesti kompensoivan magneettiken-tän synnyttävä kela. Näitä voi olla useitaakin. Kompen-saatiojännitteitä voidaan muodostaa useita erilaisten lineaarikombinaatioiden avulla anturiasennelman kana-vista ja nämä jännitteet voidaan syöttää sopivilla 10 painokertoimilla painottaen kompensoivan toimilait-teiston eri keloihin. Kompensoiva magneettikenttä ku-moaa anturiasennelmaa havaittavat häiriöt niin, että haluttu, suuruudeltaan huomattavasti pienempi biomag-neettinen signaali voidaan luotettavasti mitata.
- 15 Kompensoivat toimilaitteet eli tyypillisesti kelat voidaan sijoittaa lähelle anturiasennelmaa, mutta kuitenkin kauemmas mitattavasta biomagneettisesta signaalilähteestä kuin anturit. Kelat voidaan kiinnit-tää erilliseen kehikkoon tai muuhun kiinteään pintaan.
- 20 Ulommassa takaisinkytkentähaarassa käsiteltä-vän suuren häiriösignaalin sekoittuminen sisemmän haa-ran sisältämään biomagneettiseen informaatioon este-täään matemaattisella menetelmällä (SSS = Signal Space Separation), joka on kuvattu julkaisussa FI20030392 25 (Taulu S., Kajola M., Simola J.: The Signal Space Se-pARATION method, Biomed. Tech., 48, in press).
- 30 Eräässä esillä olevan keksinnön sovelluksessa anturiasennelma ja toimilaitteina toimivat kelat voi-daan sijoittaa magneettisen suojuhuneen sisään. Nämä saadaan parannettua häiriönsuojausta.
- 35 Esillä oleva keksintö on tunnetun tekniikan ratkaisuja yksinkertaisempi, koska häiriön tasoa mit-taavina antureina käytetään itse biomagneettisen sig-naalin mittausantureita. Häiriönpoisto saadaan myös tehokkaammaksi, koska häiriöt mitataan juuri sieltä, mistä ne halutaan poistaa. Edelleen kompensoitavan

alueen tilavuus on esillä olevan keksinnön tapauksessa pieni.

KUVIOLUETTELO

5 Kuvio 1 esittää neuromagneettista signaalista mittaavan laitteiston, jonka osana on häiriön kompensoiva toimilaitteisto,

kuvio 2 esittää yhdelle mittausanturille takaisinkytkenän piirikaavion,

10 kuvio 3 esittää kahdella takaisinkytkentähäällä varustetun säätöjärjestelmän toimintakaaviota, ja

kuvio 4 esittää yleistykseen kuvioiden 2 ja 3 mukaisesta kompensaatiomenetelmästä.

15

KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN KUVAUS

Keksinnön oleelliset periaatteet käyvät ilmi oheisista kuvioista. Itse laitteiston kokonaisrakenne käy ilmi kuvioista 1 ja 2. Kuviot 3 ja 4 ovat toiminnotakaavioita, jotka lähinnä kuvaavat signaalien kulkua ja käsittelyä esitetyssä laitteistossa. Kuvio 1 esittää ns. MEG-laitteiston, jolla mitataan neuromagneettista signaalista, ja jonka osana on häiriöt kompensoiva järjestelmä. Laite koostuu tutkittavan henkilön päätä ympäröivästä anturiasennelasta 10 (sisältäen kuvion esimerkissä yhdeksän anturia), mittalaitteen toimintaa ohjaavasta elektroniikasta 11 ja häiriökompensaatiojärjestelmän toimilaitteina käytettyistä keloista 12, 13.

30

Kuhunkin laitteeen anturiin liittyy pienikokoinen oma takaisinkytkäkela 14, jonka avulla kontrollielektroniikka 11 ajaa anturia 10 ns. vuolukitussa tilassa. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjauselektroniikka 11 ajaa takaisinkytkäkelaan 14 virtaa, jonka aiheuttama kenttä kumoaa anturissa 10 siihen tulevan, tutkittavassa kohteessa 15 olevasta lähteestä peräisin

olevan kentän. Tämän virran aikaansaamiseksi tarvittava jännite, joka on siis verrannollinen lähteestä 15 anturiin 10 tulevaan magneettiseen vaikutukseen, on kyseisen kanavan antama mittaussignaali. Kaikki perinteiset MEG-laitteet on toteutettu tällä periaatteella.

Takaisinkytatkentäkelat 14 ovat anturikohtaisia. Kelät ovat niin pieniä ja siten asemoituja, että niiden aiheuttama kenttä aiheuttaa vaikutuksen vain kunkin kelan omaan anturiin. Voidaan ajatella, että 10 anturi 10 ja takaisinkytatkela 14 yhdessä muodostavat fyysisen anturina toimivan komponentin. Tällaisessa järjestelyssä kaikki mittauskanavat tietenkin reagoivat sekä mitattavasta kohteesta 15 että ulkoisista häiriölähteistä peräisiin oleviin magneettikenttiin.

Ulkoisilta häiriöiltä suojaavan aktiivikompensaation aikaansaamiseksi esillä olevan keksinnössä mittalaitteeseen lisätään suurikokoiset kompensaatiokelat 12, 13, joihin syötetty virta aiheuttaa magneettikentän koko anturiasennelman alueelle. Kompensaatiokeloja voi olla useita - esimerkiksi kuusi kappaletta - siten, että keloilla saadaan aiheutetuksi anturiasennelman kohdalla vastakenttiä ainakin kolmeen likimain kohtisuoraan suuntaan.

Järjestelmän toiminnan säättäminen elektronikan 25 avulla käy tarkemmin ilmi kuvioista 2, 3 ja 4. Kuvio 2 esittää yksinkertaistettuna tilannetta, jossa esimerkiksi kuvion 1 anturi 10 on takaisinkytketty kompensaatiokelan 12 kautta. Katkoviivan sisällä oleva osa on normaali vuolukitussa tilassa toimiva MEG-kanava, johon liittyy vahvistin 20, takaisinkytkentävastus 21 ja takaisinkytatkela 14, joka kytkeytyy anturiin 10 keskinäisinduktanssin M_f välityksellä. Katkoviivalla erotettu osa voidaan siis ajatella varsinaisena mittauskanavana, joka sisältää aiemmin mainitussa laajemmassa mielessä anturin 10, 14 ja kontrollielektriikan 11 sisällä olevan elektriikkaoisan 20, 21. Jännite U_0 on kanavan signaali, joka on antu-

rin 10 näkemään magneettivuohon Φ_s verrannollinen. Magneettivuo käsittää siis summan mitattavasta kiinnostavasta magneettivuosta ja ulkoisten häiriöiden aiheuttamasta magneettivuosta anturin 10 sijaintipaikassa.

Kun tämä mittauskanava otetaan takaisinkytke-
tyn aktiivikompensaatiojärjestelmän erosignaalini anta-
vaksi kanavaksi, lisätään säätöelektronikkaan vahvis-
tin 24, takaisinkytkentävastus 25 ja kela 12. Magneet-
10 tikentä siirtyy kelalta 12 mittavaalle anturille 10
keskinäisinduktanssin M_c välityksellä.

Kuviossa 3 on tätä kahdella takaisinkytkentä-
haaralla varustettua säätöjärjestelmää kuväava toimin-
takaavio, jolle kokonaisuudessaan voidaan laskea siir-
tofunktio. Sisemmässä takaisinkytkentähhaarassa on vah-
vistuslohko 30, vastusta 21 vastaava siirtofunktio 31
ja keskinäisinduktanssia M_f vastaava siirtofunktio 32.
Ulommassa häiriöt kompensoivassa takaisinkytkentähhaar-
assa on vahvistuslohko 33, vastusta 25 vastaava siir-
15 tofunktio 34 ja keskinäisinduktanssia M_c vastaava
siirtofunktio 35. Vahvistimen 30 (sama kuin kuvion 2
vahvistin 20) sisäänmenossa summautuu magneettivuo ul-
koisesta häiriölähteestä Φ_s ja häiriötä kompensoiva
magneettivuo Φ_c sekä kelan 14 välityksellä kytkeytyvä
20 magneettivuo sisemmästä takaisinkytkennästä. Tämä yh-
teenlasku tehdään toimintakaaviossa summainlohkoilla
25 36, 37, joita ei käytännössä ole olemassa todellisina
järjestelmän komponentteina.

Kanavan ulostulojännitteeksi U_0 ja ulomman
30 takaisinkytkentähhaaran jännitteeksi U_c tulee:

$$U_0 = \frac{G_1 \Phi_s}{1 + \frac{G_1 M_f}{R_f} + \frac{G_1 G_2 M_c}{R_c}} \quad (1)$$

$$U_c = G_2 U_0 \quad (2)$$

Jos ulompi takaisinkytkentähaara jätetään pois ($G_2=0$), jää jäljelle perinteinen takaisinkytketty magnetometri - kuvioissa 2 ja 3 katkoviivan sisään rajaattu osa - jonka kalibraation määrää sisemmän takaisinkytkentähaaran siirtofunktio:

$$U_0 = \frac{R_f}{M_f} \Phi_s, \text{ kun } G_1 \frac{M_f}{R_f} \gg 1 \quad (3)$$

Kun ulompi kytkentähaara otetaan käyttöön riittävällä vahvistuksella varustettuna eli kun $G_2 * (M_c/R_c) \gg M_f/R_f$, saadaan:

$$U_0 = 0 \text{ ja } U_c = \frac{R_c}{M_c} \Phi_s \quad (4)$$

Ulomman takaisinkytkentähaaran käyttöönoton seurauksena kanavan ulostulosignaali siis häviää ja kompensaatiokelaan 12 ilmestyy kompensoivan magneettikentän aiheuttava virta. Kun signaalin aiheuttajana on ulkoinen häiriölähde ja mikäli kompensaatiokela (tai kompensaatiokelat) 12 on onnistuttu rakentamaan siten, että se tuottaa koko anturiston alueella mahdollisimman samanmuotoisen kentän kuin tämä ulkoinen häiriölähde, tapahtuu sama ulostulosignaalin kompensoituminen myös kaikkien muiden asennelman anturien kohdalla, vaikka niiden takaisinkytkennästä ulompi haara on jätetty pois ($G_2=0$). Tämä on juuri se suojausvaikutus, johon ulomman takaisinkytkentähaaran lisäämisellä pyritään.

Koska ulomman takaisinkytkentäsilmukan ohjukseen käytetään samoja magnetometrikanavia, joilla mitataan myös tarkasteltavaa biomagneettista signaalia, on ilmeistä, että ulompi takaisinkytkentä vaikuttaa myös tähän biomagneettiseen signaaliin. Esimerkiksi kanavasta, jonka takaisinkytkentään ulompi haara on

lisätty ($G_2 > 0$), häviää tämän järjestelyn seurauksena myös biomagneettinen signaali.

Esillä olevan keksinnön keskeinen oivallus liittyy siihen, miten tämä ei-toivottu vaikutus voidaan estää yksinkertaisella tavalla. Ajatellaan ensin järjestelmää, jossa yhtään ulompaan takaisinkytken-täsilmukkaa ei ole aktivoitu. Tällaisen järjestelmän mittauskanavat rekisteröivät sekä ulkoisista lähteistä tulevat suuret häiriösignaalit että heikot biomagneettiset signaalit. Julkaisussa FI20030392 on esitetty menetelmä (SSS-menetelmä; Taulu S., Kajola M., Simola J.: The Signal Space Separation method, Biomed. Tech., 48, in press), jolla tällaisessa tilanteessa voidaan suurella tarkkuudella erottaa laitteen mittausalueen ulkopuolelta ja sisäpuolelta tulevat signaalit toisistaan, kun laitteen kanavien asettelu on sopiva ja lukumäärä riittävä (vähintään 200).

Tämä numeerinen menetelmä olisi sinänsä riittävä ulkoisten häiriöiden poistoon mitatusta signaalista, mikäli häiriöt pysyisivät niin pieninä, ettei anturiston yhdenkään mittauskanavan dynaaminen alue ylity. Juuri tämä ylittymisen voidaan esillä olevassa keksinnössä kuvatulla kompenсаatiomenetelmällä estää. Koska kompenсаatiomenetelmä toteutetaan laitteen mittausalueen ulkopuolelle sijoitettuja keloja käyttäen, on tähän ulompaan takaisinkytken-täsilmukkaan liittyvän kompenсаatiovirran vaikutus signaaleihin niin ikään erotettavissa SSS-menetelmällä mittausalueelta tulevasta signaalista.

Esimerkkinä voidaan mainita tilanne, jossa ulompaan kompenсаationsilmukkaan perustuva suojausmenetelmä tuntuisi toimivan kaikista epätarkoituksenvai-simalla tavalla. Oletetaan, että ulkoisia häiriöitä ei ole, ja että erosignaalinavana toimiva anturi näkee ainoastaan biomagneettisen signaalin. Tähän se reagoi syöttämällä kompenсаatiokelaan virran, joka aiheuttaa biomagneettisen kentän kompensoivan vastaken-

tän siinä pisteessä, jossa anturi sijaitsee. Näennäisesti ulomman silmukan takaisinkytkentä siis toimii siten, että vaikka minkäänlaista ulkoista häiriötä ei ole, häviää juuri se signaali, josta ollaan kiinnostuneita.

Biomagneettinen signaali ajetaan siis nollaan aktivoimalla kompensoiva, mittausalueen ulkopuolin magneettikentän lähde. Juuri tällaisen ulkopuolisen lähteen vaikutus saadaan SSS-menetelmällä numeerisesti erotetuksi, jolloin erosignaalikanavaan jää jäljelle vain alkuperäinen biomagneettinen signaali. SSS-menetelmä rekonstruoi erosignaalikanavaan - samoin kuin kaikkiin muihinkin kanaviin - signaalit, jotka niissä olisi havaittu, mikäli ulompaa takaisinkytkentästä silmukkaa ei olisi aktivoitu. Tämä rekonstruktio perustuu siihen mittaukseen, jonka magnetometriasennelma kokonaisuutena tekee samanaikaisesti sekä biomagneettisesta lähteestä että kompensaatiokelasta.

SSS-menetelmä toimii luonnollisesti samalla tavalla häiriökompensoinnin yhteydessä eli silloin, kun erosignaalikanava saa osan signaalistaan mittausalueen tai vaikkapa koko kompensaatiokelaston ulkopuolella olevasta häiriölähteestä. Näissä tapauksissa sekä alkuperäinen lähde että takaisinkytkentä silmukan osana aktivoituva kompensaatiokela sijaitsevat mittausalueen ulkopuolella ja niiden osuus signaaleista voidaan poistaa SSS-menetelmällä. Tässä tapauksessa kompensaatiojärjestelmän tehtävä on ainoastaan muokata ulkoista häiriötä siten, että kaikki anturit pysyvät dynaamisella alueellaan, jolloin numeerisen menetelmän syötteeksi tarvitsemat signaalit saadaan kerättyä.

Koska kompensoitavana häiriönä on vektorikenttä, joka ei ole vakio koko anturiasennelman alueella, on riittävän hyvän kompensaation saavuttamiseksi yleensä tarpeen käyttää kompensaatiokelastoa, jolla voidaan aikaansaada suunnaltaan ja muodoltaan monenlaisia kenttiä. Erityisesti kelastolla pitää voida

mahdollisimman tarkkaan tuottaa voimakkaimpien ulkoisten häiriölähteiden kenttämudot, tai täsmällisemmin ilmaistuna niiden vastakentät, koko anturiasennelman alueella. Kuviossa 4 on esitetty tällainen useamman 5 kompensaatiokelan muodostama kuvion 3 kompensaatiomenetelmän yleistys toimintakaavion muodossa.

Kuviossa 4 kompensointivirran aiheuttava jänneite U_c on kytketty kahdella erikseen valittavalla kytkentävoimakkuudella ($1/R_{c,j}$ ja $1/R_{c,j+1}$) 40, 41 kahteen eri kelaan 42, 43, vastaavasti. Induktioiset kytkennät $M_{j,i}$ jne. 44 määrätytyvät kompensaatiokelojen 42, 43 sijainnista ja anturien 45 paikasta ja asennosta anturiasennelmassa. U_c voidaan kytkeä useampaankin kuin kahteen kelaan. Lisäksi kompensaatiojännitteet 15 synnyttävä erosignaali on kuviossa 4 muodostettu lineaarikombinaationa kahden eri anturin 45 signaaleista. Lineaarikombinaation muodostamisessa käytetään antureille 45 painokertoimia $c_{i,j}$ 46 ja summataan termit summaimella 47. Lineaarikombinaation muodostamiseen 20 voidaan käyttää useampaakin kuin kahta kanavaa. Tarvittava takaisinkytkentäsilmukan vahvistimen siirtofunktio on G_2 48. Lisäksi voidaan muodostaa useita kompensaatiojännitteitä $U_{c,n}$ käytäen erosignaalin muodostamiseen eri lineaarikombinaatioita anturiasennelman 25 45 signaaleista ja syöttää jännitteet optimaalisilla painokertoimilla kompensaatiokelaston eri keloihin 42, 43. Anturien 45 näkemä kompensoivien magneettivoiden summavuo saadaan kuvion 4 toimintakaaviossa 30 summaimien 49 ulostuloista. Käytännössä summaimia 49 ei järjestelmässä ole todellisia komponentteina. Summaimilla 49 kuvataan kompensointikelojen aiheuttamien kenttien yhteisvaikutusta (kokonaiskenttä on osakenttien summa) kunkin anturin kohdalla.

Näin muodostuu monikanavalaitteen häiriökompensoation suorittava ulompi takaisinkytkentäsilmukka, 35 jota kuvaavat kaksoi matriisia: suoran kytkentähaaran rakenteen kuvaava c_{ij} -matriisi, joka määrittää i:nnen

anturin 45 painokertoimen j:nnessä erosignaalissa, ja takaisinkytken häärän kuvaava $1/R_{jk}$ -matriisi, joka määrittää j:nnen kompensoatiovirran painokertoimen k:nteen kelaan 42, 43 syötettävässä kokonaisvirrassa.

5 Näiden kahden matriisin valinnalla voidaan häiriökompensoation suorituskyky optimoida. Erosignaalin kokoaminen lineaarikombinaationa usealta, esimerkiksi eripuolilla anturiasennelmaa olevalta kanavalta on edullista sikäli, että se parantaa erosignaalin 10 tarkkuutta ja lyhentää tehollista ekstrapolaatioetäisyyttä anturiasennelman yli. Tavanomaisessa erillisä referenssiantureita käyttävässä järjestelmässä saattaa erosignaalin antava anturi sijaita jopa 50 cm päässä kaukaismasta kompensoitavasta anturiasennelman anturista, jolloin erosignaalista arvioitu häiriön voimakkuus on jo geometrisista syistä epätarkka. Muodostamalla erosignaali asennelman eri puolilla sijaitsevien anturien signaaleista saadaan ekstrapolaatiomatka lyhennetyksi asennelman säteen, noin 12 cm, suuruiseksi.

20 Kompensaationsilmukalla takaisinkytetyt kenttämädot puolestaan voidaan rääätälöidä mahdollisimman tarkasti suurimpien ulkoisten häiriöiden geometrista muotoa noudattaviksi käyttämällä riittävän suurta määrää kompensoatiokeloja ja määrittämällä oikeat painokertoimet $1/R_{jk}$ -matriisiin. Tyypillinen lukumäärä kompensoatiojännitteitä $U_{c,j}$ ja kompensoatiokeloja on esimerkiksi kuusi, jolloin $1/R_{jk}$ -matriisi on 6×6 -matriisi.

30 Kuvioissa 1 - 4 on käytetty symboleja, jotka viittaavat ulkoisia häiriöitä kompensoivan takaisinkytken toteuttamiseen analogaelektroniikalla. Näin on tehty vain havainnollisuuden vuoksi. Modernissa toteutuksessa käytetään signaaliprosessoreita tai reaalilaihakietokoneita, joihin painokerroinmatriisit c_{ij} ja $1/R_{jk}$ sekä siirtofunktio G_2 ohjelmoidaan.

35 Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellusesimerkkejä koskevaksi, vaan monet muun-

nokset ovat mahdollisia pysytäessä patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

PATENTTIVAAATIMUKSET

1. Menetelmä magneettisista antureista koostuvan anturiasennelman suojaamiseksi anturiston ulkopuolelta tulevia häiriöitä vastaan, tunnettu siitä, että menetelmä käsittää vaiheet:

varustetaan anturisto magneettisen takaisinkytkenän sisältävällä järjestelmällä, jonka erosignaali saadaan ainakin yhdestä mainitun asennelman anturista; ja

synnytetään anturiston alueelle magneettikenttä anturiasennelman ulkopuolella sijaitsevan ainakin yhden magneettikentän synnyttävän toimilaitteen avulla, joka magneettikenttä kumoaa mainittuja ulkoisia häiriöitä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheet:

muodostetaan yksi tai useampia erosignaaleja lineaarikombinaationa asennelman kahden tai useaman anturin signaaleista; ja

takaisinkytketään erosignaalit anturiasennelmaan käyttäen järjestelmään kuuluvien toimilaitteiden lineaarikombinaatiota.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheen:

valitaan lineaarikombinaationa saatavat erosignaalit ja käytettäväät toimilaitteet siten, että takaisinkytkenän ollessa päällä ulkoinen häiriösignaali minimoituu.

4. Jonkin aikaiseman patenttivaatimuksen 1-3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheen:

erotetaan toimilaitteiden aiheuttama signaali mittattavasta, kohteesta tulevasta signaalista matematisen menetelmän avulla.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu matemaattinen menetelmä on SSS-menetelmä.

6. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 1-5 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsitteää vaiheen:

sijoitetaan anturisto ja toimilaitteet magneettisen suojuhuoneen sisään.

7. Järjestelmä mittalaitteen suojaamiseksi 10 mittalaitteen ulkopuolelta tulevia häiriöitä vastaan, joka järjestelmä käsitteää:

anturiasennelman (10), joka sisältää ainakin kaksi magneettista anturia;

ohjauselektroniikan (11), joka ohjaa mittalaitetta; 15

tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsitteää:

20 magneettisen takaisinkytkenän kytkettynä anturiasennelman, jonka takaisinkytkenän erosignaali saadaan ainakin yhdestä mainitun asennelman anturista (10); ja

ainakin yhden anturiasennelman ulkopuolella sijaitsevan toimilaitteen (12, 13) magneettikentän synnyttämiseksi anturiston (10) alueelle, joka magneettikenttä kumoaa mainittuja ulkoisia häiriöitä. 25

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että mainittu magneettikentän synnyttävä toimilaite (12, 13) on anturiasennelman sisältävään laitteeseen kiinnitetty kela.

30 9. Patenttivaatimuksen 7 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että mainittu magneettikentän synnyttävä toimilaite (12, 13) on anturiasennelman ympärille erilliseen kehikkoon tai seinille tai lattiaan tai kattoon kiinnitetty kela.

35 10. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 7-9 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsitteää:

erosignaalien muodostamisvälineet (46, 47) yhden tai useamman erosignaalilin muodostamiseksi lineaarikombinaationa asennelman kahden tai useamman anturin (45) signaaleista; ja

5 mainitun magneettisen takaisinkytkennän (48, 40) erosignaalien takaisinkytkemiseksi anturiasennelmaan (45) käyttäen järjestelmään kuuluvien toimilaitteiden (42, 43) lineaarikombinaatiota.

10 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

mainitut erosignaalit ja toimilaitteet (42, 43) valittuina siten, että takaisinkytkennän ollessa päälä lä ulkoinen häiriösignaali minimoituu.

15 12. Jonkin aikaiseman patenttivaatimuksen 7-11 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

mainitun ohjauselektronikan (11) toimilaitteiden aiheuttaman signaalin erottamiseksi mitattavasta, kohdeesta tulevasta signaalista matemaattisen menetelmän avulla.

13. Jonkin aikaiseman patenttivaatimuksen 7-12 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

25 vahvistimen (24), vastuksen (25) ja toimilaitteen (26) takaisinkytentäsimukassa.

14. Jonkin aikaiseman patenttivaatimuksen 7-13 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

30 magneettisen suojuhuoneen anturiston (10) ja toimilaitteiden (12, 13) sijoituspaikkana.

(57) TIIVISTELMÄ

Esillä olevassa keksinnössä kuvataan menetelmä, jolla heikkoja biomagneettisia signaaleja mittaava laite voidaan suojaa ympäristön voimakkailta magneettisilta häiriökentiltä. Mittausanturit varustetaan takaisinkytketyllä kompensointisilmukalla, jonka erosignaali saadaan itse mittausantureilta. Takaisinkytkennän toimilaitteena toimii yksi tai useampi kela, joiden tehtävänä on kumota anturien alueella ulkoiset häiriökentät. Erosignaaleja voidaan muodostaa lineaari-kombinaationa kahden tai useamman anturin signaaleista. Ohjauslogiikassa voidaan SSS-menetelmällä numeerisesti erottaa mitattava biomagneettinen signaali mittausalueen ulkopuolella sijaitsevien lähteiden - kompensointikelojen ja häiriölähteiden - aiheuttamista signaaleista. Häiriösuojausta voidaan tehostaa sijoittamalla anturiasennelma ja toimilaitteet magneettisen suojuhuneen sisään.

(Fig. 4)

L 5

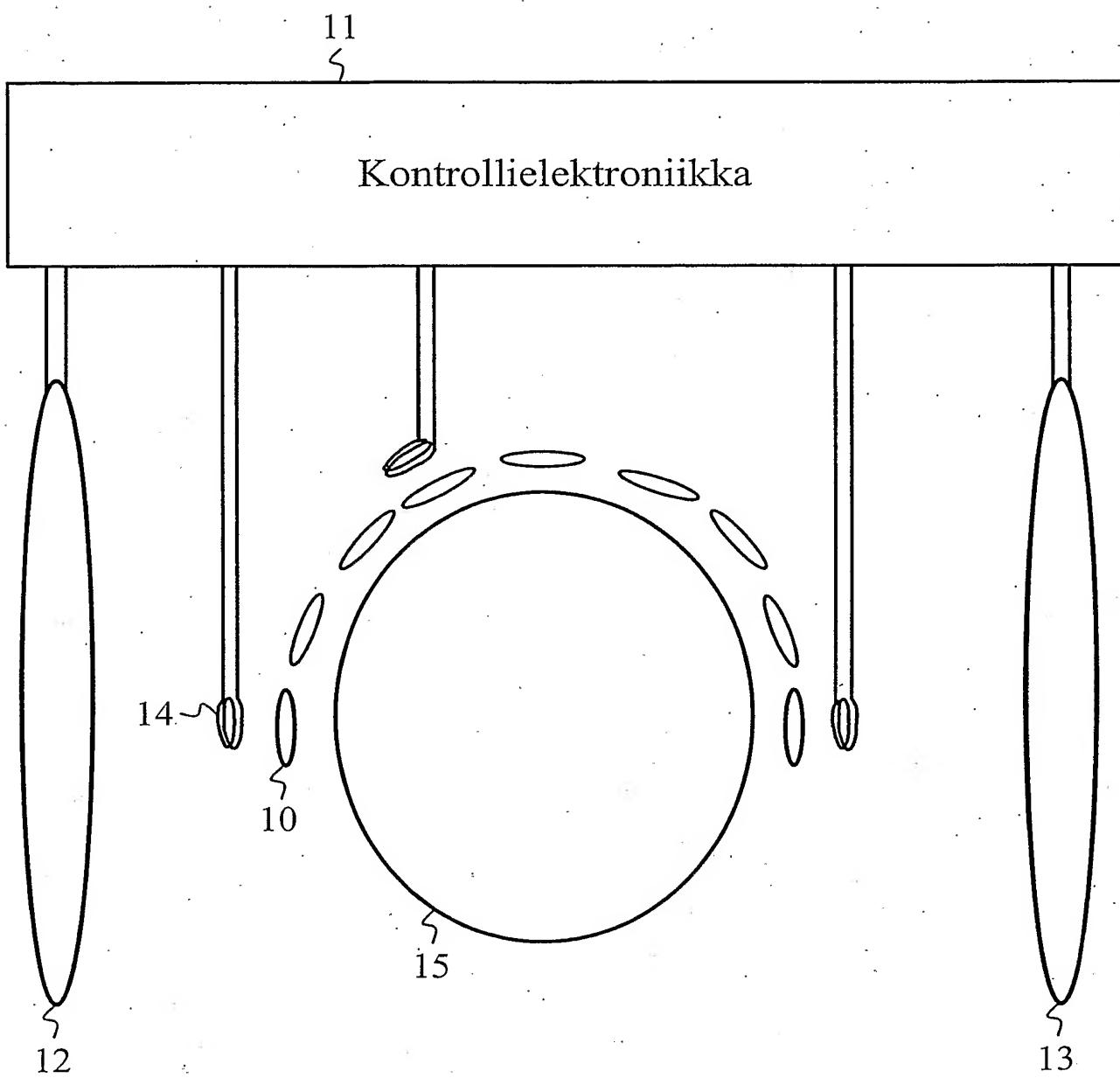


Fig. 1

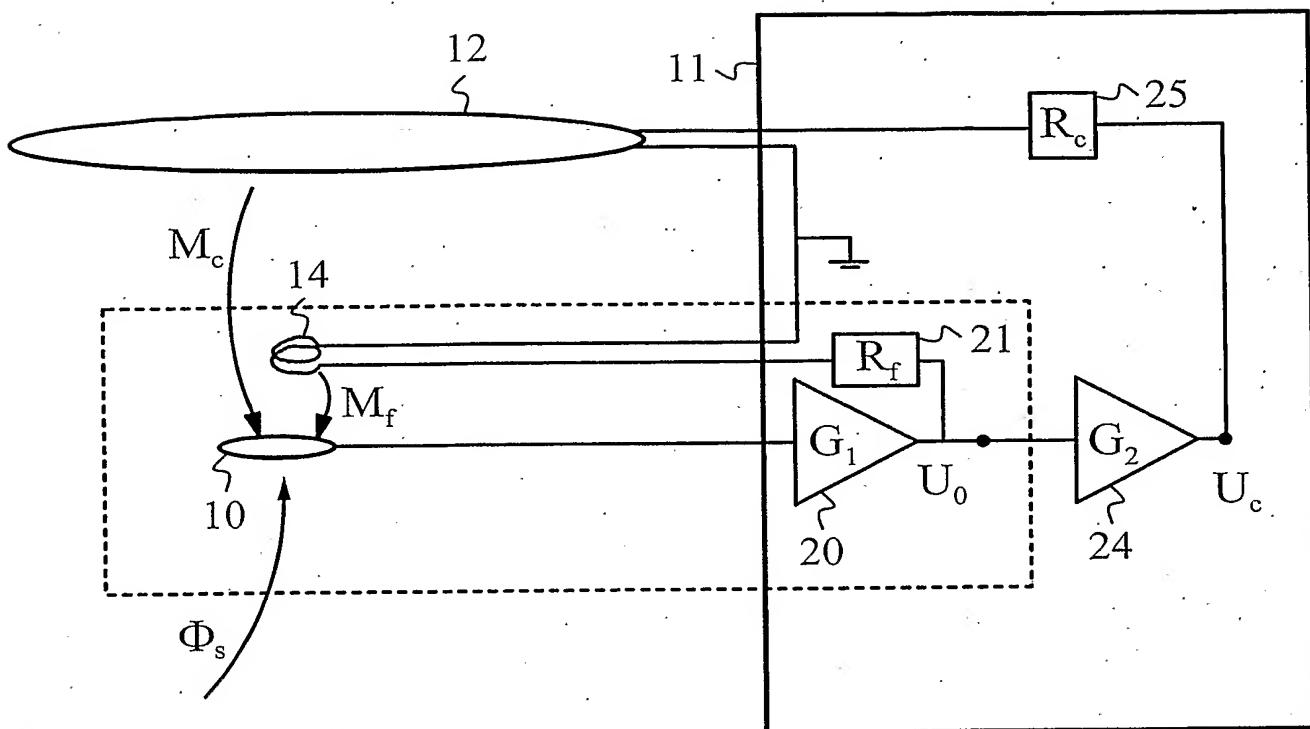


Fig. 2

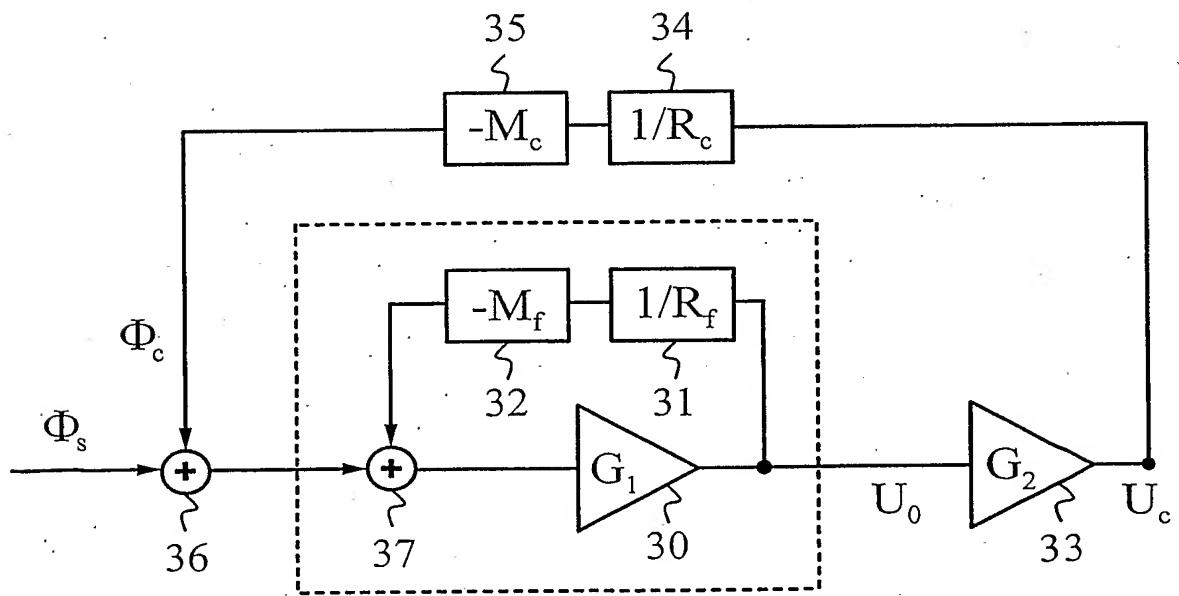


Fig. 3

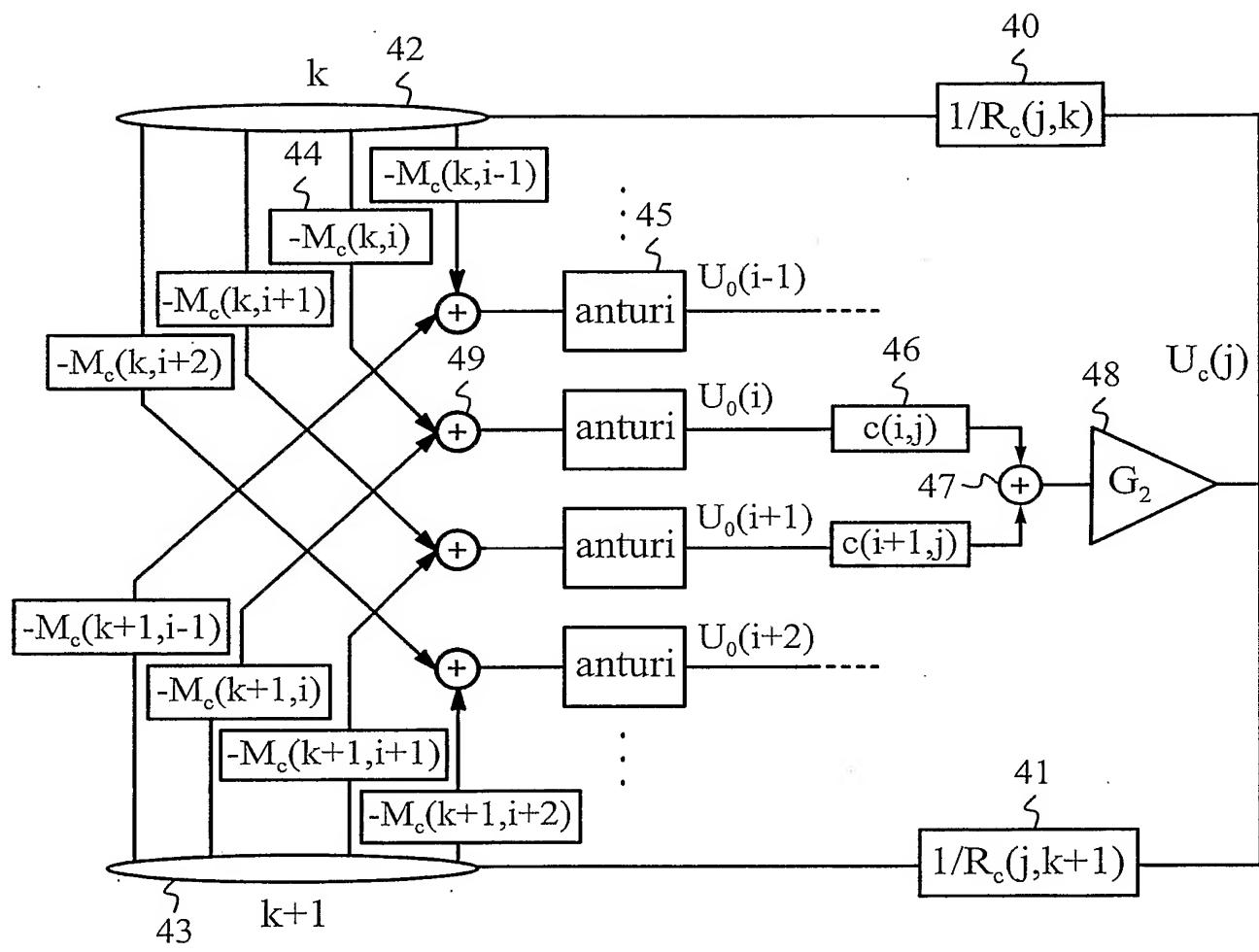


Fig. 4